

負の磁気異方性材料を用いたマイクロ波発振素子の検討

横江 真人, 石川 勇磨, 中島 正寛, 吉田 和悦, 金井 靖*

(工学院大学, *新潟工科大学)

Investigation on STO with Negative Magnetic Anisotropy Materials

M. Yokoe, Y. Ishikawa, M. Nakashima, K. Yoshida, and Y. Kanai*

(Kogakuin University, *Niigata Institute of Technology)

はじめに

磁気記録では 1Tbits/inch^2 以上の高密度記録を目指し, 現在開発が進められている. その実現のためには媒体雑音と熱揺らぎ, 記録ヘッドの磁界強度限界の間におけるトリレンマを解決する必要がある. その解決方法の 1 つとして, 高周波磁界による磁気共鳴を用いたマイクロ波アシスト磁気記録 (Microwave-Assisted Magnetic Recording : MAMR) が注目されている. この方式では 20 GHz 以上の高周波磁界で発振する素子 (Spin-Torque Oscillator : STO) が必要である. Zhu 提案によるバイアスフリーの STO 構造^[1]では作製が難しく, また Houssameddine などが提案した軟磁性膜のみを用いる構造^[2]では 10 GHz 以上の高周波が得られない. そこで高周波発振に向けた検討を行った結果, 発振部に負の大きな磁気異方性を持つ材料を用いることが有効であることを見出したので報告する.

計算モデル

Fig.1 に STO の計算モデルを示す. STO は磁界発振層 (Field Generating Layer : FGL), スピンを供給するリファレンス層で構成される. FGL に偏極したスピンを注入することにより FGL 層の磁化が歳差運動を起こし, 空間に高周波磁界が発生する. 本計算では FGL 層の厚さを 10 nm , 断面を $40 \times 40\text{ nm}^2$ の正方形とした. ただし, リファレンス層を省略した. 計算領域を 1 辺 2 nm の立方体で離散化し, スピントルク項を含めた Landau-Lifshitz-Gilbert (LLG) 方程式を用いて FGL 層の磁化挙動を計算し, そこから 13 nm 離れた観察面で素子から発生する磁界を求めた. 計算条件は異方性定数 $K = -2 \times 10^6 \sim -8 \times 10^6\text{ J/m}^3$, 飽和磁化 $M_s = 2.0\text{ T}$, スピントルク実効磁界 $a_j = -6 \times 10^4 \sim 6 \times 10^4\text{ A/m}$, 面に直交する外部磁界 H_{apl} を $0 \sim 8 \times 10^5\text{ A/m}$, 交換相互定数 $A = 2.0 \times 10^{-11}\text{ J/m}$ にした. 負の磁気異方性を持つ材料を用いる場合は磁化困難軸を FGL 面に垂直方向に向けることにより, 面が磁化容易面になるようにした. また比較のために従来構造の例として, FGL に $K = 5 \times 10^3\text{ J/m}^3$, $M_s = 2.0\text{ T}$ の軟磁性膜を用いた場合についても計算した.

計算結果

Fig.2 に軟磁性膜 ($K = 5 \times 10^3\text{ J/m}^3$), Fig.3 に負の大きな磁気異方性を持つ磁性膜 ($K = -6 \times 10^6\text{ J/m}^3$) を用いた場合の STO から発生する発振磁界の時間変化を示す. Fig.2 に示した軟磁性膜の場合では安定した発振が得られるが, 周波数が 8 GHz 程度である. これに対し, Fig.3 に示した負の大きな磁気異方性を持つ磁性膜の場合では安定した発振が得られるとともに, 周波数が 20 GHz と大幅に向上する. さらに, バイアスが 0 A/m でも発振していることがわかる. 以上の結果から, 負の大きな磁気異方性を持つ材料を用いれば, 安定した高周波磁界が得られることが分かった.

参考文献

- [1] X. Zhu and J-G. Zhu, "Bias-Field-Free Microwave Oscillator Driven by Perpendicularly Polarized Spin Current," IEEE Trans. Magn., Vol. 42, no.10, pp. 2670-2672(2006).
- [2] Houssameddine.D, et al, "Spin-torque oscillator using a perpendicular polarizer and a planar free layer," Nature Mater., Vol6, pp.447-453(2007).

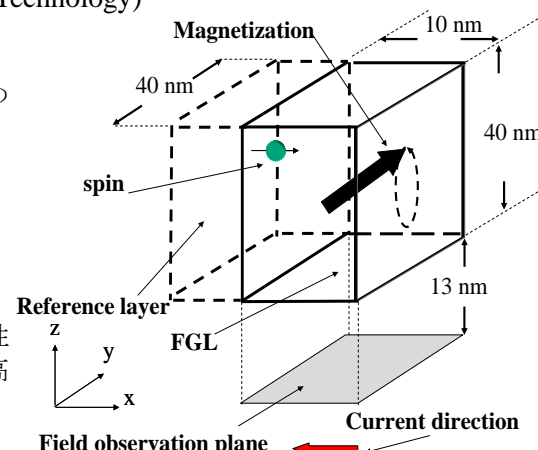
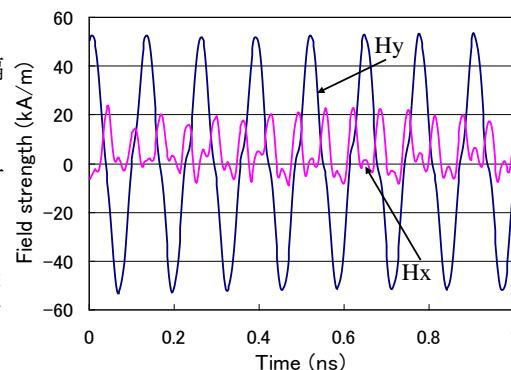
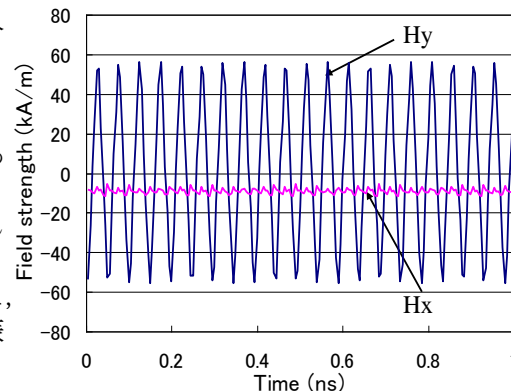


Fig.1 Schematic diagram of Spin-Torque Oscillator.

Fig.2 Oscillating fields generated by the FGL with soft magnetic material.
 $K = 5 \times 10^3\text{ J/m}^3$, $H_{\text{apl}} = 2 \times 10^5\text{ A/m}$, $a_j = 3 \times 10^4\text{ A/m}$.Fig.3 Oscillating fields generated by the FGL with hard magnetic material.
 $K = -6 \times 10^3\text{ J/m}^3$, $H_{\text{apl}} = 0\text{ A/m}$, $a_j = -4 \times 10^4\text{ A/m}$.